Lane Medical Library

Aus dem Institut für physikalische Therapie und Röntgenologie
der Universität München
Vorstand: Professor Dr. G. Böhm

Abschirmung
bei Kurzwellentherapieapparaten zum Schutze des Bedienungspersonals

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizin

verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Bayerischen Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Hans Dentler
aus Wangen im Allgäu

1936

Bayerische Druckerei & Verlagsanstalt G.m.b.H., München, Müllerstraße 27

Gedruckt mit Genehmigung der Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität in München

Dekan: Professor Dr. phil. et med. W. Brünnings

Referent: Professor Dr. G. Böhm

Meinem verstorbenen Vater in Dankbarkeit gewidmet

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153302_0111

Im Jahre 1926 wurden zum ersten Male vom deutschen Mediziner Schliephake (1) Versuche unternommen über die Wirkung der Kurzwellen auf Lebewesen. Unabhängig davon arbeitete in Amerika Schereschewski (2) auf gleichem Gebiete und in ähnlicher Richtung. Heute ist es bereits soweit, daß die Anwendung dieser kurzwelligen Schwingungen in der Strahlentherapie nahezu Allgemeingut geworden ist. Aehnliche Verfahren wie die Diathermie wurden dadurch im ziemlichen Maße aus dem Feld verdrängt.

Die Kurzwellen, die zur medizinisch-therapeutischen Verwertung kommen, nehmen ein Wellenband von 30 Meter abwärts ein, während die Diathermie eine viel höhere Wellenlänge, ungefähr 5—600 Meter aufweist.

Die Wellenlänge hängt ab von der Höhe der elektrischen Schwingungszahl pro Sekunde. Diese sog. Frequenz reicht bei den Kurzwellen bis zu 100 Millionen Schwingungen, bei der Diathermie beträgt sie ungefähr den hundertsten Teil davon. Der Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Schwingungszahl ergibt sich aus folgendem Grundgesetz $n = \frac{c}{\lambda}$ Dabei ist n = Frequenz, c = Lichtgeschwindigkeit und λ = Wellenlänge. Technisch-physikalisch wird die Wellenlänge in einem Schwingungskreis durch 2 Faktoren bestimmt: durch die Selbstinduktion der Spule und die im Kondensator liegende Kapazität.

Die therapeutische Applikation geschieht bei Kurzwellen durch Einschalten des Patienten in das Kondensatorfeld. Die Elektroden liegen dabei zum Unterschied von Diathermie nicht direkt dem Körper auf, so daß eine elektrische Leitfähigkeit zwischen Elektroden und dem Menschen nicht zustande kommt. Der Körper wird sozusagen als Dielektrikum benützt. Dieser sog. Kondensatoreffekt gewährleistet, wie es Schliephake (3) an Hand von Versuchen bewiesen hat, eine fast nahezu homogene und auch in die Tiefe gleichmäßige Durchströmung des menschlichen Organismus mit hochfrequentem Strom.

Die Wirkungsweise der K.W. beruht teils auf Wärme, teils aber auch auf spezifisch biologischer Grundlage. Dieser letztere Effekt in einem Kondensatorfeld kann außerordentlich stark sein. Er geht teils in biopositiver, teils in bionegativer Richtung. Sie hängt ab von der aufgewendeten Energie, Dauer der Bestrahlung und Länge der Wellen.

Kleinere Tiere können innerhalb kurzer Zeit bei Beschickung mit großer Feldstärke schwer geschädigt bzw. getötet werden. Schliephake (4) und v. Oettingen (5) berichten, daß schon beim Einschalten des Stromes manche Tiere ein Zusammenzucken erkennen lassen. Sie werden im weiteren Verlauf der Besendung zunehmend unruhig und suchen aus dem Feldbereich herauszukommen. Später macht diese Erregtheit einer starken Benommenheit Platz, die mit fliegender Atmung und hohem

Puls einhergeht. V. Oettingen (5) schreibt weiter, daß selbst lokale Lähmungen der hinteren Extremitäten, klonische Zuckungen und ein Krampfstadium beobachtet wurden. Eine Reizung des Nervensystems steht hier im Vordergrunde; ebenfalls werden die Hirnfunktionen durch K. W. beeinflußt, wie es H. Hoff und Weissenberg (6) in Experimenten an Menschen gezeigt haben. Aus der Besendung des Gehirns resultierten Abweich-Reaktionen der Extremitäten, die längere Zeit anhielten. Sehr charakteristisch sind die Wirkungen auf das Gefäßsystem (nach Schliephake und Pflomm) (7), die zeigen, daß die K. W. eine Erweiterung der Kapillargefäße bewirken, die durch Wärme nicht zu erklären ist und der gegenüber sich Adrenalin refraktär erweist. Die Erscheinungen sprechen für eine Lähmung des Sympathikus und eine Erregung des Vagus. Zu der Beeinflussung des Organismus durch die K. W. gehören auch die Veränderungen im strömenden Blut. Das Verhalten der Erythrozyten ist inkonstant und nicht spezifisch nach v. Oettingen und Schulte-Rhonhof (8). Dagegen tritt zuerst eine Abnahme, dann Zunahme der Leukozyten ein, die ungefähr 30% ausmacht, und bis zu 24 Stunden anhält. Die Blutgerinnung ist stark gesteigert, ferner wurden von den oben erwähnten Autoren eine Beschleunigung der Senkungszeiten der Erythrozyten nachgewiesen. Pflomm fand eine leichte Steigerung des Blutzuckers nach einer K. W.-Besendung. Weiterhin stellte er fest, daß die Wasserstoffionenkonzentration regelmäßig nach Entnahme von Blut aus den bestrahlten Stellen zunahm. Der p. H. war durchschnittlich um 0,2 gesunken. Zur Kontrolle wurden Bestrahlungen am Serum im Reagenzglas ausgeführt und nach Erwärmung bis zur Körpertemperatur wurde der p. H. gemessen. Auch hier wurde der p. H. nach der azidotischen Seite verschoben, das Serum wird saurer. Jonn (10) untersuchte die Wirkung der K. W. auf die Phagozytose der Leukozyten. Bei starker Dosierung wird sie geschwächt und bei mittlerer Einwirkung angeregt. Die Schwächung der Freßtätigkeit ist durch die Einwirkung auf die Leukozyten selbst bedingt, während die Anregung durch die Veränderung des Serums allein durch die Verschiebung des p. H. nach der sauren Seite bestimmt wird. Merkwürdiges Verhalten zeigen Bakterien K. W.-Bestrahlungen gegenüber, manche werden in ihrem Wachstum gehemmt, andere gefördert, eine entscheidende Rolle spielt dabei die Höhe der Frequenz der Schwingungen. P. Liebesny (11) beobachtete zum Beispiel bei Aktinomyzes bei einer Wellenlänge $\lambda = 15$ m eine biopositive Wirkung, während bei $\lambda = 4$ m das Gegenteil eintrat, die Kultur wurde geschädigt. Bei Staphylokokken und Tuberkelbazillen bewirkt $\lambda = 15$ m eine Hemmung im Wachstum. Es wäre also theoretisch bei der Therapie entzündlich infektiöser Prozesse eine spezifische Wellenlänge, eine sogenannte biologische Selektivität, gegeben. Aber die Versuchsresultate hierüber stimmen bei den einzelnen Autoren nicht in allem überein. Eine ausschlaggebende Bedeutung hinsichtlich der Strahlenwirkung kommt dem Milieu zu, in dem sich Bakterienkulturen befinden und demnach ist ein Vergleich mit den Bakterien in einem entzündlichen

Körperabschnitt wohl nicht ganz zulässig und zutreffend. Ganz abgesehen davon, daß eine sichere und exakte Dosierung der Strahlen praktisch auf große Schwierigkeiten stößt. Scymanowski (12) (Amerika) bestrahlte Diphtherietoxine bei 2 m Wellenlänge und konnte das Toxin zerstören, ein Effekt, der nicht etwa auf Wärmewirkung zurückzuführen ist, da diese verhindert wurde.

Neben diesen speziellen Reaktionen des Organismus auf K.W.-Bestrahlungen treten noch Beeinflussungen im Allgemeinbefinden vom Menschen auf. Es tritt bei der Behandlung beliebiger Körperstellen im Kondensatorfeld eine auffallende Müdigkeit ein (nach manchen Autoren in so starkem Maße, daß die Patienten einschlafen). Bei therapeutischer Besendung des Kopfes zeigt sich nach längerer Zeit eine leichte Benommenheit; Schwindelgefühle stellen sich selten ein. Nach Schliephake (13) hängen diese Empfindungen weitgehend von der Wellenlänge ab, deren Optimum in dieser Beziehung unter 10 m liegt. An der im Kondensatorfeld selbst behandelnden Körperstelle hat man bei Anwendung nicht allzu großer Energien nur das Gefühl einer angenehmen Erwärmung. Hält man seine Finger in das Kondensatorfeld, so spürt man mitunter ein feines Vibrieren, das nach Schliephake den Perioden des Wechselstroms entsprechen soll.

Weittragender und unangenehmer sind die Störungen im Allgemeinbefinden von Menschen, die dem freien Strahlungsbereich eines Kurzwellensenders ausgesetzt sind. Wie weit diese Erscheinungen auf die oben erwähnten Reaktionen des Organismus auf K.W.-Besendung zurückzuführen sind, ist nicht sicher zu entscheiden. Ausgesetzt sind diesen Strahlenbeeinflussungen am meisten die Aerzte und das Bedienungspersonal, da solche störende Einwirkungen nur nach stundenlanger Besendung auftreten. Die Feldstärke ist natürlich in diesem Fall eine weit geringere als die im Kondensatorfeld, jedoch ist die Möglichkeit einer dauernden Einwirkung bei Behandlung vieler Patienten leicht gegeben.

Zuerst wurden diesbezügliche Beobachtungen bei Arbeitern und Ingenieuren in Telefunkenwerken gemacht, die mit Kurzwellensendern experimentierten. Es traten bei diesen, wie Drouet und Auclair (13) berichten, leichte Temperatursteigerungen auf. Im gleichen Sinne schreibt Schereschewski (14). Selbst bei Kurzwellenamateursendern, die mit kleinen Energien arbeiten, werden Temperaturerhöhungen beobachtet, das sog. Radiofieber. Carpenter und Page (15) werteten diese Erscheinungen therapeutisch aus und applizierten sie als künstliches Fieber in der Paralysebehandlung. Schliephake (16) legt seine Erfahrungen darüber in seinem Buche über Kurzwellen-Therapie (die medizinische Anwendung kurzer elektrischer Wellen) folgendermaßen dar:

„Bei Menschen, die in der Nähe von Kurzwellensendern arbeiten, treten mit der Zeit Störungen im Allgemeinbefinden auf, die sich nur aus einer Einwirkung der elektromagnetischen Ausstrahlung erklären lassen. Es handelt sich dabei im wesentlichen um subjektive Beschwerden; organische Schäden sind in keinem Falle nachgewiesen worden.

Die Beschwerden, die von den einzelnen Personen angegeben werden, sind ziemlich verschiedener Art. Auch die Empfindlichkeit einzelner Menschen ist verschieden; während manche schon sofort beim Einschalten des Senders unangenehme Empfindungen haben, treten bei anderen erst Beschwerden nach täglich fortgesetzter mehrstündiger Beschäftigung am Sender auf. Meist werden die Empfindungen im Kopf lokalisiert. Zunächst tritt oft das Gefühl eines eigenartigen Ziehens in der Stirn und der Kopfhaut auf; bei manchen Personen ist die Empfindlichkeit so groß, daß sie bei Betreten des Behandlungsraumes ohne weiteres angeben können, ob der Sender in Betrieb ist oder nicht, wobei selbstverständlich irgendwelche Gehörs- oder Lichterscheinungen vom Sender ausgeschlossen sein müssen. Bei längerem Aufenthalt im Strahlungsbereiche eines Senders tritt dann meist starke Müdigkeit ein, die sich bei längerer Fortsetzung ohne Schutzmittel bis zu einer gewissen Apathie steigern kann. Schließlich zeigen sich Erscheinungen, wie wir sie an Neurasthenikern zu sehen gewohnt sind: Unruhe, Aufgeregtheit, unter Umständen auch Angstgefühle und Pessimismus; abends fällt meist das Einschlafen sehr schwer, die betreffenden Personen schrecken oft auch vom Schlaf auf. Morgens früh besteht dafür starke Mattigkeit, Zerschlagenheit und Unlust. Bei weiter fortgesetzter Einwirkung stellen sich dumpfer Druck im Kopf und Kopfschmerzen ein, die sich immer weiter bis zur Unerträglichkeit steigern können. Diese Empfindungen werden am meisten angegeben und decken sich mit meinen persönlichen Erfahrungen; gelegentlich werden aber auch ziehende Empfindungen in den Armen und Beinen und im Nacken angegeben, von anderen Personen wird über gürtelartige Gefühle in der Oberbauchgegend geklagt. Psychisch werden Depressions- und Minderwertigkeitsgefühle beobachtet, dabei Neigung zum Lamentieren und Streitsucht sowie oft auch eine gewisse Unsicherheit im Umgang mit anderen Menschen." v. Oettingen (17) schreibt ebenfalls in ausführlicher Weise von diesen Symptomen. Er berichtet: „Am Menschen konnten wir alle, die wir bisher mit dieser Apparatur arbeiteten, besonders bei unvorsichtigem Hantieren im Sendefeld im Eigenversuch recht ausgesprochene Wirkungen beobachten. Setzt man sich längere Zeit der Feldwirkung aus, so wird man benommen, Kopfschmerzen und eine auffallende Unruhe stellen sich ein. Diese nervösen Symptome können sich bis zu ausgesprochenen Angst- und Schreckzuständen steigern. Verschwinden aber nach einigen Tagen der Ruhe. Die Körpertemperatur steigt um mehrere Zehntel Grade an. Ueber diese allgemeinen und noch leicht zu nennenden Schädigungen können aber wesentlich schwerere Erkrankungen auftreten. So sind ausgesprochene Störungen der libido sexualis, offenbar als Ausdruck einer Schädigung der Keimdrüsen, Eiweißausscheidungen im Urin mit erheblichem Krankheitsgefühl als Folge einer gewiß nicht unbedenklichen Nierenstörung beobachtet worden."

Wenn auch die letzteren Punkte nur bei diesem Autor verzeichnet zu finden sind, so hat er doch Schädigungen mikroskopisch-histologisch

nachweisen können, die bei chronischer Besendung in der Niere, im Testis und Ovar auftraten.

Der Verfasser selbst hatte bei seinen Versuchen, wo er oft stundenlang ununterbrochen dem elektrischen Feld ausgesetzt war, über starke ziehende Kopfschmerzen, hohen Grad von Nervosität, Appetit- und Schlaflosigkeit zu klagen gehabt. Jedoch verschwanden diese Beschwerden nach Aussetzen der Versuche nach einigen Tagen fast vollständig, lediglich die Kopfschmerzen waren etwas hartnäckiger Natur und waren auch mit therapeutischen Maßnahmen nur schlecht zu beeinflussen. Herzklopfen und geringe Temperatursteigerung traten nur in leichtem Maße auf. Manche Personen scheinen sehr geringfügig auf die Bestrahlung zu reagieren. Nach den Feststellungen des Verfassers ist die Anfälligkeit individuell sehr stark verschieden. Menschen mit labilem Nerven- und Blutgefäßsystem zeichnen sich als besonders empfindlich aus.

Diese Störungen im Allgemeinbefinden kommen dadurch zustande, daß der menschliche Körper die freie elektrische Strahlung als Antenne auffängt und absorbiert, und zwar nach Korwarschik und Stokes (18) ungefähr so, daß eine Art Resonanz der Körpermoleküle mit den auftretenden Aetherschwingungen einsetzt. Schliephake (19) vermutet, daß vielleicht die Körperlänge in der Beziehung zur Wellenlänge eine Rolle spielen könnte.

Es ist nun hinreichend begründet und unbedingt notwendig, sich gegen die ungewollte Einwirkung der freien K.W.-Strahlen, die im Sendebereich eines Apparates auftreten, genügend zu schützen, auch wenn bis heute schwere nachhaltige Schäden organischer Natur nicht beobachtet wurden. Zu diesem Zwecke werden Metallflächen oder Gitter verwendet, die als elektrische Leiter die Fähigkeit besitzen, die hochfrequenten Schwingungen zu absorbieren. Eine solche Abschirmung kann eine direkte oder indirekte sein, d. h. die ganze Kurzwellen-Apparatur kann damit umgeben werden oder die betreffenden Personen, die im Senderkreis arbeiten, schützen sich persönlich. Das erstere sind Käfige oder Blechkästen, die auch den Sekundärkreis (Patientenkreis) einschließen. Allerdings ist diese Methode in der Anwendung nicht besonders vorteilhaft, da solche Schutzmittel die Bedienung des Senders behindern, ganz abgesehen davon, daß sie schwer zu transportieren sind. Schliephake empfiehlt deshalb, um diesen Nachteilen aus dem Weg zu gehen, Metallketten und Litzen, die miteinander in Verbindung stehen, locker in der Art eines Vorhangs nach unten hängen und dadurch an jeder Stelle ein Durchgreifen mit der Hand zum Zwecke der Bedienung des Apparates ermöglichen. Andererseits können auch die Personen mit einer Schutzkleidung umgeben werden. Dazu eignen sich alle metalldurchwirkten Stoffe, Brokate, Lametstoffe u. dgl. Wir benutzen, so schreibt Schliephake, seit einigen Jahren Mäntel aus sog. Tarlatanstoff, die mit Kapuzen versehen sind. Der Stoff muß in mehreren Lagen übereinanderliegen. Der Autor gibt aber selber zu, daß solche Mäntel besonders im Sommer sehr heiß und auch teilweise recht un-

bequem sind. Diesem wäre meiner Ansicht nach hinzuzufügen, daß die Mäntel hinsichtlich des Strahlenschutzes technisch nicht vollkommen sind bzw. sein können, da sie ja einzelne Körperstellen (vor allem das Gesicht) nicht vollständig bedecken; allerdings ist zuzugeben, daß hier die Angriffsfläche des elektrischen K.W.-Feldes keine sehr große ist. Diese Methode des Schutzes wird im allgemeinen wenig verwendet aus den obenangeführten Punkten. Im Vordergrund steht die Frage der direkten Abschirmung, also die an der Apparatur selbst.

Der Verfasser hat nun Versuche und Messungen über die Ausbreitung, Abschirmung und das Verhalten des elektrischen Feldes angestellt, wie es von K.W.-Apparaten, die zu medizinisch-therapeutischen Zwecken verwendet werden, frei ausgestrahlt wird.

Um dies zu erreichen, habe ich mir selbst einen Empfänger für K.W. gebaut. Es handelt sich um einen Apparat, der nur aus einem Rückkopplungsaudion besteht, jedoch habe ich mit diesem Einröhrenapparat, um ihn auf seine Leistungsfähigkeit zu prüfen, Rundfunkfernempfang auf K.W. erzielt. Die Antennenspule ist freitragend und besteht nur aus einer Windung. Sie induziert die Gitterkreisspule mit ungefähr 6 Windungen, diese ist zusammen mit der Rückkopplungsspule auf einem Hohlzylinder aus Isoliermasse in einem Abstand von ungefähr 10 mm gewickelt. Das Gitteraggregat besteht aus einem Blockkondensator von 250 cm und einem Silitwiderstand von 2—3 Megohm. Als Röhre wurde eine Valvao N 406 verwendet. Der Abstimmkondensator hatte eine Kapazität von 250 cm und war mit einer Feineinstellung ausgestattet. Gespeist wurde der Apparat aus Batterien (Heizung: 4 V Akku, Anodenstrom: Anodenbatterie 100 V). Damit war jegliche Störung aus dem Netz ausgeschlossen. Eine Antenne wurde in Anfangsversuchen nicht benötigt, da der Energieeinfall auf kurze Entfernung genügend stark war. Die angebrachte Rückkopplung trat nie in Tätigkeit, sie war stets lose gekoppelt. Der zu den Versuchen verwendete K.W.-Apparat war von der Firma Koch & Sterzel geliefert. Die Erzeugung der Schwingungen geschieht bei dem vorliegenden Gerät durch sog. Löschfunkenstrecken in Form der Stoßerregung. Es sind gedämpfte Schwingungen, deren Charakteristik darin besteht, daß die einzelnen Stromstöße mit immer kleiner werdenden Amplitüde abklingen im Gegensatz zu den Röhrenapparaten, die ungedämpfte elektrische Schwingungen mit konstanter Amplitüde aufweisen. Wird nun der Sender, den in diesem Fall der K.W.-Apparat von Koch & Sterzel darstellt, eingeschaltet, so hörte ich im Kopfhörer, der mit der Anode der Empfängerröhre und mit der Anodenbatterie verbunden ist, ein deutliches sehr lautes Surren bei einem Abstand von einigen Metern. Es ist dies das sog. Wellengeräusch, Schwingungen, die vom Sender ausgestrahlt und von der Antennenspule des Empfangsgeräts aufgenommen wurden. Es gelingt, die ankommenden Wellen durch Drehen und Einstellen des Abstimmkondensators auf ein Maximum an Lautstärke, das allerdings eine ziemliche Bandbreite aufweist, abzustimmen, d. h. den Empfängerkreis auf Resonanz mit dem Sendegerät zu bringen. Schiebt man nun,

nachdem dies geschehen ist, eine Metallwand zwischen Sender und Empfänger, so ist eine starke Abnahme der Lautstärke im Telefon zu vernehmen, die einfallende Senderenergie wird also durch diese Abschirmung teilweise absorbiert.

Um nun diese Erscheinung des Lautstärkeabfalls meßtechnisch festzuhalten und damit auf den Grad der Güte der Abschirmung zu schließen, verwandte ich zunächst die sog. Parallel-Ohm-Methode. Ich legte dem Telefon des Empfängers einen graduierten Gleitwiderstand von ungefähr 3—800 Ohm parallel. Dieser wurde dann so eingestellt, daß die Zeichen gerade an der Grenze der Hörbarkeit lagen. Je kräftiger nun das Wellengeräusch, um so kleiner muß der Widerstand sein, um sie zum Verschwinden zu bringen, so daß der Parallelwiderstand in Ohm angegeben, ein gewisses Maß für die Lautstärke gibt.

Diese Methode funktionierte einwandfrei, lediglich die Meßwerte erschienen mir, ganz abgesehen von der Unhandlichkeit und Umständlichkeit der Bedienung dieses Gerätes, zu subjektiv, da feine Unterschiede in der Lautstärke und damit in der Abschirmung sich nicht absolut exakt feststellen ließen, da sie unter der Schwelle der Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs lagen. Es lag nahe, die Messung nicht auf akustischen, sondern auf elektro-mechanischem Wege vorzunehmen, eine Registrierung, die objektive Ergebnisse liefert. Ich vertauschte zu diesem Zweck das Telefon mit einem auch auf kleine Stromstöße reagierenden Drehspulenmilliamperemeter. Parallel zu diesem wurde ein variabler Widerstand niedriger Ohmzahl geschaltet, um neben der Erzielung einer immer gleichbleibenden Anodenruhestromstärke und damit einer gewissen Eichung ein Ueberschlagen und Ueberbelasten des Instruments zu verhindern. Durch diese Umstellung wurde aus dem Empfänger ein sog. Röhren-Voltmeter, das in der Technik zu Antennestromstärkemessung dient. Es können mit einem solchen Instrument kleinste Wechselspannungen bis zu Millivoltzahlen nachgewiesen bzw. registriert werden.

Dem Verfasser kam es bei seinen Versuchen lediglich darauf an, Unterschiedswerte zu erzielen, die für das Ziel seiner Experimente vollauf genügen. Es sind daher die gefundenen Zahlenwerte keine in Milliampere ausgedrückten Maße, sondern lediglich Vergleichseinheiten einer bis zu der Zahl 5 graduierten Skala. Wird der Empfänger in Betrieb genommen, so zeigt das Meßgerät auf die Zahl 5, ein Maß für den sog. Anodenruhestrom der Röhre. Schaltet man nun den Sender ein, der in einigen Metern Entfernung steht, so sinkt der Zeiger des Instrumentes um verschiedene Grade. Die Elektronen, die von der Kathode der Röhre ausgesandt werden, und auf die Anode treffen, werden in diesem Fall in ihrem Rhythmus und in ihrem sog. Anodenbombardement abgebremst durch das Gitter, das durch die einfallende K. W.-Energie kapazitiv induziert, d. h. negativ geladen wird. Es kann aber auch gerade das Gegenteil eintreten. Das Gitter ermöglicht infolge der ihm zugeführten Schwingungen und dabei positiven Aufladung ein

stärkeres Fluten der Elektronen auf die Anode, so daß der Zeiger des Meßinstrumentes in die Höhe schnellt. Die entscheidende Rolle dabei spielt der Umstand, ob man im sog. unteren oder oberen Knick der Anodenkennlinie der Röhrencharakteristik arbeitet.

Bei der Anstellung der folgenden Versuche war die Anordnung Sender-Empfänger derart, daß, wenn nicht anders erwähnt, zwischen beiden ein Abstand von 1 m lag. Das Empfangsgerät war fest auf einen Tisch montiert, der absichtlich aus Holz bestand, um jegliche Beeinflussung, d. h. eine evtl. Konzentrierung des elektrischen Feldes auszuschalten. Er war mit Rollen versehen und konnte deshalb zum Zwecke der Abtastung des Feldes leicht seine Stellung verändern. Die Experimente wurden jeweils bei gleicher Sendestärke und bei Benützung des Sekundärkreises (Patientenkreises) bei übereinstimmender Resonanzstärke gemacht.

Der Verfasser untersuchte zunächst die Strahlung des Kurzwellenapparates, also ohne Kabel und Elektroden und fand, daß das ausgestrahlte Kraftfeld auf den einzelnen Seiten verschieden war. Bedingt ist diese Erscheinung durch die Lage der Primärspule und der mit dieser induktiv-kapazitiv gekoppelten Sekundärspule im Senderapparat, deren Streuung dadurch nach den einzelnen Richtungen eine mehr oder weniger gute ist. Versuche mit anderen Apparaten ergaben die Richtigkeit der aufgestellten Behauptung. Am ausgesprochensten tritt sie bei diesem vorliegenden Gerät (K.W.-Apparat von Koch & Sterzel) zutage an der Vorderseite, wo das Meßgerät ein Absinken von 5 auf 2,4 Skalenteilen registriert. Demgegenüber weist die Rückfront, linke und rechte Seite, ein etwas geringeres Feld auf. Es sind ungefähr 2,5—2,6 Skalenteile ablesbar. Wenn auch die Unterschiede keine sehr großen sind, so ist doch die Empfindlichkeit des Instruments als zureichend erwiesen. Es gelang mir bis zu einer Entfernung von knapp 12 Meter noch geringfügige Ausschläge zu erzielen. Selbst in einem Nebenraum, der von dem Versuchszimmer durch eine Mauer von $^1/_2$ Meter getrennt war, also auf diese Weise sozusagen abgeschirmt war, konnte ich bei einer Distanz Apparat—Empfänger von 3 m in der Luftlinie ein schwaches elektrisches Feld nachweisen. Schiebt man zwischen Empfänger und Sender eine Metallwand, so ist der Energieeinfall ein bedeutend geringerer, ein Teil des ausgestrahlten Feldes wird absorbiert. Im ersten Fall ist es ein Ofenschirm, der gerade die Vorderfläche des Senders knapp überdeckt, das Meßinstrument zeigt ein Ansteigen von 2,4 auf 3,4 Skalenteile, und zwar ergibt sich, daß die abschirmende Wirkung eine um so bessere ist, je näher die Metallfläche dem Sender aufliegt. Es erklärt sich dies so, daß die ausgesandten elektrischen Kraftlinien an ihrem Ursprungsort am konzentriertesten und dichtesten anzutreffen sind, während die Streuung weiterweg natürlich nur bis zu einer gewissen Entfernung eine viel diffusere und ausgedehntere ist. Es wäre also eine größere Abschirmfläche notwendig, um die gleiche Wirkung, wie dicht am Sender, zu erzielen.

Als der Verfasser selbst in das Feld trat ohne jede Abschirmung, fand sich, daß der Mensch etwas mehr als der obenerwähnte Ofenschirm an elektrischen Kraftlinien in sich aufnimmt, und zwar um so mehr, je näher der Verfasser dem Sender ganz in Uebereinstimmung mit dem obenerwähnten theoretischen Versuch kam. Unberücksichtigt dabei bleibt die Größe der betreffenden Person, die natürlich bei extremen Maßen in der elektrischen Aufnahmefähigkeit Unterschiede, wenn auch nur geringfügige, erkennen lassen. Bessere Versuche in der Abschirmwirkung als bei dem Ofenschirm lieferten Metallwände und Gitter aus Aluminium, die den Sender in der Größe um einiges überragten. Am Empfänger war dabei nur noch ein kleiner Ausschlag zu beobachten, das Meßgerät zeigte 4,5 Teilstriche an, also ein fast vollständiger Schutz, der ungefähr ein elektrisches Feld noch durchläßt, das in seiner Stärke dem in einer Entfernung von 10 m ohne Abschirmung gemessenen entspricht. Beim Durchgehen durch das so abgeschwächte Feld war nur noch ein leichtes Schwanken am Zeiger des Milliamperemeters zu erkennen, d. h. der Körper nahm nur Bruchteile der früheren freistrahlenden Energie auf, eine minimale Menge, die ihm sicherlich unschädlich ist. Bei der kompakten Metallfläche und dem gleich großen Gitter war die Wellenabsorption bei beiden eine gleich gute. Der Verfasser hat die verschiedensten Leiter auf ihre Abschirmfähigkeit untersucht und dabei gefunden, daß die Metallart kaum eine nennenswerte Rolle spielt. Lediglich der richtigen Aufstellung und der entsprechenden Größe ist Bedeutung zuzumessen. Nichtleiter, sog. Dielektrika oder Isolatoren, kommt keine diesbezügliche Wirkung zu. Die Röntgenschürzen z. B. üben keinen Schutz aus, da der Bleigummi, aus dem sie bestehen, zu wenig an metallischem Blei enthält. Ganz im Gegensatz hierzu stehen natürlich die Bleiwände, wie sie gegen Schädigung durch die Röntgenstrahlen angewendet werden. Sie bieten auch gegen Kurzwellen einen hervorragenden Schutz, der sich deutlich im Experiment herausstellte. Brokate und andere metalldurchwirkte Stoffe, die zur Schutzkleidung verwendet werden, müssen von ziemlich beträchtlicher Dicke und Dichtigkeit in der Metalldurchwirkung sein, um einen einigermaßen nützlichen Absorptionswert zu gewährleisten.

Als der Verfasser den Sender mit einem sog. Faraday'schen Käfig umgab, so daß überall ringsum abschirmende Flächen waren, ließen sich keine besseren Ergebnisse nachweisen gegenüber denen bei Verwendung eines Gitters an der Vorderfläche des Apparates. Das von den unabgeschirmten Seiten ausgesandte Feld überflutet bzw. umgeht die Metallfläche an der Vorderfront des Senders nicht, sobald diese nicht zu klein ist, d. h. sie muß noch einen Teil der in anderer Richtung ausgestrahlten Energie sozusagen binden können. Es ist also nicht in jedem Falle notwendig, alle Seiten abzuschirmen, sondern lediglich die, wo das Bedienungspersonal sich aufhält, kurz gesagt, wo eine schädigende Wirkung verhindert werden muß.

Man wird in der Praxis dem Gitter als Abschirmmittel wohl den ersten Platz einräumen, da es wenig an Gewicht aufweist und deshalb

leicht zu transportieren ist. In seiner Wirkung steht es wie oben gezeigt, einer kompakten Metallfläche nicht nach, ganz abgesehen von dem Vorzug (gegenüber einer Metallfläche), daß bei genügender Maschenweite der Durchblick und damit die Kontrolle der Instrumente und die Beobachtung des Patienten gegeben ist. Pätzold (20) schreibt allerdings, daß zur Abschirmung alle Seiten des Senders geschlossen sein müssen. Bleibt eine solche offen, so können nach der Meinung des Autors die übrigen Schutzflächen in der Art von Antennen in Schwingung versetzt werden und so noch die Ausstrahlung eher verstärken als abhalten. Bei seinen Versuchen konnte der Verfasser jedoch diese Feststellung in keinem Fall machen. Bei einseitiger Abschirmung und richtiger Aufstellung und Größe der Abschirmfläche war immer ein hinreichendes Resultat und nie eine Ausbreitung oder Verstärkung des Feldes zu verzeichnen. Es wirft sich nun die Frage auf, wie weit darf das Maschenwerk des Gitters bzw. eines kräftigen Drahtgeflechtes sein und welche Größe muß es haben, um noch eine genügende Abschirmwirkung zu garantieren. Zu diesem Zweck machte sich der Verfasser ein Geflecht von Drähten in senkrechter und waagrechter Anordnung zurecht derart, daß die Distanz der einzelnen Drähte voneinander jederzeit verändert werden konnte. Bei einer Weite des Maschenwerks von ungefähr 5—6 cm im Quadrat ließ sich ein deutliches Abfallen der Wirkung feststellen. Die Größe der Fläche ist selbstverständlich im Verhältnis zur Sendergröße zu wählen, doch hat sich in diesem Fall erwiesen, daß die Abschirmwand die Grenzen des Apparates um mindestens 10 cm überragen muß, um noch ein befriedigendes Ergebnis zu erzielen. Dieses kann um einige Teilstriche durch Erdung der Schutzflächen erhöht werden, eine Maßnahme, die den Vorteil hat, daß bei evtl. Kontakt mit Hochspannung führenden Leitern (Kabel, die bei häufigem Gebrauch infolge von Abnützung und Brüchigwerden der Isolation ab und zu durchschlagen) die Berührungsgefährlichkeit für den Menschen in manchen Fällen vermindert bzw. aufgehoben wird. Ein Optimum an Abschirmwirkung kann erreicht werden, wenn 2 Gitter verwendet werden. Beim ersten Versuch berühren sie sich, so daß sie sozusagen als einzige Fläche wirken. Bei Versuch 2 ist zwischen ihnen ein Luftraum von ungefähr $^1/_2$ Meter. Bei letzterem stellte sich eine bessere Leistung in der Schutzwirkung als bei Versuch 1 heraus. Das zweite Gitter, das dem Empfänger nähersteht, hat noch den restlichen Teil der schon vom ersten Gitter abgefangenen Energie resorbiert.

Der Einfachheit und der Uebersichtlichkeit halber wurde bis jetzt lediglich der Einfluß des Senders allein verwertet. In folgenden Experimenten untersuchte der Verfasser noch die Streuung des vollständigen Sekundärkreises (Kabel und Kondensator bzw. Elektroden) mit und ohne Patienten. An den Sender wurden die beiden Zuleitungsschnüre nebst Elektroden angelegt. Beim Verschieben des Empfängers auf dem fahrbaren Tisch zu dem Kabel hin in einer Entfernung von 1 m war ein Anwachsen der Feldstärke zu verzeichnen gegenüber der vom Sender ausgestrahlten. Die Kondensatorplatten oder Elektroden streuten stark,

verschieden nach ihrer Größe, am meisten die Bandelektrode. Um genauere Werte in der verschiedenen Feldstärkebestimmung zu erhalten, wurde eine Antenne zur Sondierung benützt, die in einem kleinen Gehäuse untergebracht war nach Art einer T-Antenne. Ihre Länge betrug 20 cm. Der Empfänger wurde 5 m entfernt von der Sender-Apparatur, um möglichst keine Freienergie von seiten des Senders aufzunehmen, sondern lediglich eben von der Antenne aufgefangenen Strahlung anzuzeigen. Das Resultat dieser Abtastung war bei 50 cm Entfernung der Antenne vom jeweiligen Meßobjekt (Sender-Kabel-Kondensatoren):

Ein sehr starkes Feld in der Nähe der Kabel und Kondensatorplatten, ein ausgeprägteres und stärkeres als beim Sende-Apparat. Brachte man aber die Antenne auf 1 m Abstand, so ergaben sich etwas andere Werte. Die Dichte der Streuung nahm beim Sender selbst (im Primärkreis) auf diese Entfernung lang nicht so sehr ab, wie im Sekundärkreis, die bei dieser Distanz schon nicht mehr die Stärke der Strahlung des Senders aufwies. Es ist also daraus zu schließen, daß nur ganz in der Nähe von Elektroden und ihren Zuführungsdrähten ein konzentriertes Feld anzutreffen ist, das dann mit der Größe der Entfernung in ziemlich ausgesprochenem Maße abfällt.

In gleicher Uebereinstimmung gehen die Ergebnisse, die man erzielt, wenn man in das Feld zwischen dem Kabel und dem Elektroden einerseits und dem Empfänger anderseits tritt, die Schwankungen des Meßinstruments sind minimal im Vergleich zu demselben Versuch im Senderkreis. Die Felder der Kabel und Kondensatoren sind also in der Flächenausdehnung verhältnismäßig schmal zur Absorptionsfläche des Menschen, so daß nur eine kleine Energieaufnahme vom Körper her erfolgt. Man kann daraus schließen, daß die schädigende Komponente in der freien K.W.-Strahlung zum großen Teil in dem vom Sender ausgestrahlten Feld liegt. Es ist deshalb ein Augenmerk darauf zu richten, daß der Sender günstig abgeschirmt ist. Wird ein Patient in das Kondensatorfeld gelegt, so ändern sich die Werte ein wenig. Die Streuung von den Elektroden aus nimmt leicht ab. Bei meinen Versuchen betrug sie einen Unterschied von 0,5 Skalenteilen. Das Meßgerät zeigte anstatt 0,7 bei Aufnahme mit der Antenne 1,1—1,2 Grad der Skala. Der Patient wirkt also hier nicht als Antenne und verbreitet und verstärkt die Streuung nicht, sondern er resorbiert etwas von den freien Hochfrequenzströmen.

Die Abschirmung geschieht auch hier in anologer Weise wie die vom Sender durch ein Gitter, das als Ganzes in einer Front Sender, Kabel und Patientenkreis deckt. Dadurch ist sozusagen der Raum, in dem die Bestrahlungen vorgenommen werden, elektrisch abgeteilt, d. h. in dem einen Teil befindet sich der Sender mit Behandlungskreis und der Patient, im anderen Teil das Personal. Bei dieser Anordnung hat sich auch hier die einseitige Abschirmung auf Grund meiner Messungen als genügend erwiesen. Das elektrische Feld war bei abgeschirmter Apparatur bis zu 2—3 m nur in minimalem Ausschlage nachzuweisen, während es unabgeschirmt, wie schon früher erwähnt, bis zu 12 m meßbar reicht.

Als Einwand gegen die vorliegende Meßmethode kann vorgebracht werden, daß durch die Zuleitung von der Batterie zum Empfangsgerät freie ungewollte Kurzwellen-Energie empfangen und kapazitativ auf das Gitter übertragen wird. Damit würde die Registrierung an Genauigkeit verlieren. Nachdem aber die Verbindungs-Batterieschnüre jeweils die gleichen waren und ihre Anordnung nie verändert wurde, dürfte eine wesentliche Beeinflussung der gefundenen Werte nicht eintreten, zumal es sich um Vergleichsmessungen handelte und nicht ganz exakte Feldstärkenangaben erzielt werden sollten. Zur Kontrolle wurden Versuche mit einem anderen Sendegerät wiederholt. Benützt wurde dabei der Kurzwellentherapieapparat Undala B, ebenfalls ein Funkenstreckenapparat. Seine Leistung ist eine geringere als die des ersten Apparates. Die Ergebnisse waren im Verhältnis die gleichen.

Zusammenfassend kann kurz gesagt werden: Es ist unbedingt notwendig, Personen, die sich im Bereich von K.W.-Apparaturen aufhalten und damit der freiausgestrahlten elektrischen Energie ausgesetzt sind, vor den erheblichen Störungen des Allgemeinbefindens zu bewahren, die durch die starke Aufnahme der elektrischen Kraftlinien von seiten des menschlichen Organismus bedingt sind.

Nach den Meinungen des Verfassers in den obenerwähnten Versuchen konnte folgendes festgestellt werden:

1. Der menschliche Körper absorbiert von den freien ausgestrahlten Schwingungen, 1 m vom Sender entfernt, ungefähr so viel wie eine kleinere Metallwand, z. B. ein Ofenschirm, der den Sender nur ganz knapp in einer Front überdeckt.

2. Das von der Kurzwellenapparatur ausgestrahlte Feld kann mit der benützten Meßmethode durch Ausschlag des Instrumentes bis zu ungefähr 12 m nachgewiesen werden.

3. Dieses Feld und damit seine schädigende Wirkung kann durch Abschirmung absorbiert bzw. abgeschwächt werden z. B. durch ein Gitter derart, daß es nur in geringem Maße bis zu 2—3 m höchstens meßbar festgehalten werden kann.

4. Eine genügende abschirmende Wirkung wird durch gute elektrische Leiter erzielt, die in Form von Metallflächen, Gittern, Drahtgeflechten und metalldurchwirkte Stoffe zur Anwendung gelangen.

5. Dabei ist die Art des Metalls von nicht sehr großer Bedeutung.

6. Gitter und Drahtgeflechte weisen denselben Schutzeffekt auf, wie eine kompakte Metallfläche, vorausgesetzt, daß die Maschenweite keine zu große ist, d. h. bei einer solchen von 5—6 mm im Quadrat wurde vom Verfasser ein bedeutendes Abfallen der Wirkung beobachtet.

7. Eine einseitige Abschirmung, d. h. die Seite, wo sich das ärztliche und technische Personal während der Bestrahlung aufhält, erwies sich als genügend, da die Streuung, die von den anderen Seiten ausgeht, durch die Größe der Abschirmfläche (sie muß die Sender-

apparatur um ungefähr 10 cm überragen) hintangehalten bzw. zum großen Teil gebunden wird.

8. Ein Optimum an Abschirmwirkung wird erzielt durch möglichst nahe Anbringung der Abschirmfläche am Sendekreis, durch Erdung derselben und eventuelle Aufstellung der Flächen, die durch einen Luftzwischenraum voneinander getrennt wird.

9. Die ausgestrahlten freien Schwingungen sind am konzentriertesten in der Nähe des Senders anzutreffen, während diejenige der Kabel und Elektroden bzw. Kondensatoren nur in unmittelbarer Nähe eine große Stärke aufweisen. Die freie Energie, die vom Sendergerät selbst ausgestrahlt wird, wird vom menschlichen Körper in einem ungleich höheren Verhältnis absorbiert als die von den Kabeln und Elektroden, deren Feld ein ziemlich schmales Band darstellt und deshalb keine große Angriffsfläche besitzt. Die schädigende Komponente geht daher zum großen Teil vom Sender selbst aus, auf Grund dessen auch ein Hauptaugenmerk auf seine genügende Abschirmung zu richten ist.

10. Bei Belastung des Senderkreises mit dem Patienten geht ein Teil der Energie im Körper verloren, d. h. sie wird gebunden und ist am Instrument ablesbar. Der Patient wirkt also nicht als Antenne und verstärkt nicht die Streuwirkung.

Am Schlusse meiner Ausführung gestatte ich mir Herrn Prof. Dr. G. Böhm, Vorstand des Institutes für physikalische Therapie und Röntgenologie der Universität München, für die gütige Ueberlassung des Themas und Uebernahme des Referates, sowie Herrn Oberarzt Dr. Friedrich Eckert für die liebenswürdige Unterstützung bei meiner Arbeit meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Literaturverzeichnis

Die Kurzwellen in der Medizin. Dr. med. Ernst Raab. 1., 2., 9., 10., 12.

Kurzwellentherapie. Schliephake (Die medizinische Anwendung kurzer elektrischer Wellen). 3., 4., 7., 9., 13., 16., 19., 20.

Strahlentherapie: Band 40. 5.
— Band 41. 17.

Zeitschrift für physikalische Therapie: Band 40. 8.
— Band 42. 7.
— Band 44. 18.
— Band 45. 14.

Zentralblatt für die gesamte Radiologie: Band 14. 13.
— Band 16. 11., 15.

Lebenslauf

Geboren wurde ich, Hans Dentler, am 5. Januar 1911 zu Wangen im Allgäu als Sohn des Arztes Medizinalrat Dr. med. Max Dentler und seiner Ehefrau Helene geb. Frast. Ich besuchte die Volksschule und später die Lateinschule in meiner Heimatstadt. Im Frühjahr 1929 legte ich zu Ravensburg am Humanistischen Gymnasium die Reifeprüfung ab. Die ersten drei Semester meines Medizinstudiums absolvierte ich in München und ging dann nach Würzburg, wo ich Anfang August 1931 das Physikum vollständig bestand. Das nächste Semester verbrachte ich in München und war dann ein Semester in Wien, und hierauf ein Semester in Frankfurt am Main. Die übrigen Studienhalbjahre verbrachte ich in München, wo ich am 22. Juni 1935 mein Staatsexamen vollständig bestand.